·论著·

中国内脏脂肪指数与脂肪肝发生风险的回顾性队列研究

徐浩[1]，方达[2]，周卫红[3]，毕艳[2]，顾天伟[1*]

1.210008 江苏省南京市，南京中医药大学鼓楼临床医学院 南京鼓楼医院内分泌科
2.210008 江苏省南京市，南京大学医学院附属鼓楼医院内分泌科
3.210008 江苏省南京市，南京大学医学院附属鼓楼医院健康管理中心
*通信作者：顾天伟，副主任医师；E-mail：gtw0235@163.com

【摘要】 **背景** 肥胖是脂肪肝发生的重要危险因素，目前肥胖的诊断指标不能有效反映脂肪组织分布在脂肪肝发生中的作用。**目的** 评估基线内脏脂肪指数（VAI）及中国内脏脂肪指数（CVAI）与脂肪肝发生风险之间的相关性。**方法** 本研究为回顾性队列研究，纳入 2018 年 2 月—2021 年 11 月于南京大学医学院附属鼓楼医院健康管理中心的 17 086 名成年体检人群作为研究对象。通过健康管理中心的电子信息系统查阅健康体检档案，收集基本信息、一般体格检查、实验室指标及器械检查结果。根据随访的腹部超声和 CT 结果，判断是否发生脂肪肝。随访截至 2022 年 12 月。随访事件为基线无脂肪肝至首次发生脂肪肝或末次随访时间。根据随访是否发生脂肪肝分为两组，比较两组基线 VAI、CVAI。根据基线 VAI、CVAI 的四分位数水平，将人群各分为四组，比较四组的脂肪肝发生率。采用 Cox 回归分析评估 VAI、CVAI 与脂肪肝发生的相关性，并通过受试者工作特征（ROC）曲线评估 VAI、CVAI 对脂肪肝发生的预测价值，采用 Delong's 检验比较 VAI、CVAI 的 AUC 差异。**结果** 纳入的受试者平均年龄（44.3±13.2）岁，平均 BMI（23.2±2.6）kg/m^2，平均随访时间（2.7±1.1）年。截至随访结束，2 523 例（14.8%）受试者发生脂肪肝。其中男性［19.4%（1 837/9 461）］脂肪肝发生率高于女性［9.0%（686/7 625）］（$P<0.001$）。脂肪肝组 VAI 和 CVAI 均高于未发生脂肪肝组（$P<0.05$）。趋势性检验分析结果显示，随着基线 VAI、CVAI 水平的增加，脂肪肝发生率也增加（$\chi^2_{趋势}$=1 034.9、1 334.8，$P<0.001$）。多因素 Cox 回归分析结果显示，VAI-Q4 组和 CVAI-Q4 组发生脂肪肝的风险分别是 VAI-Q1 组的 2.579 倍（95%*CI*=2.088~3.186）和 3.375 倍（95%*CI*=2.488~4.576）。ROC 曲线显示，CVAI 预测脂肪肝的曲线下面积大于 VAI 的曲线下面积（0.737 与 0.708，$P<0.001$）。分层分析显示，CVAI 在不同性别、年龄及 BMI 分组中，CVAI-Q4 组均与脂肪肝发生相关（$P<0.001$）。**结论** 基线 CVAI 与脂肪肝发生显著相关，且 CVAI 对脂肪肝发生的预测能力优于 VAI。

【关键词】 脂肪肝；肥胖；中国内脏脂肪指数；内脏脂肪指数；危险因素
【中图分类号】 R 575.5 【文献标识码】 A DOI：10.12114/j.issn.1007-9572.2024.0408

A Retrospective Cohort Study of the Chinese Visceral Adiposity Index and Risk of Fatty Liver

XU Hao[1]，*FANG Da*[2]，*ZHOU Weihong*[3]，*BI Yan*[2]，*GU Tianwei*[1*]
1.Department of Endocrinology，Nanjing Drum Tower Hospital Clinical College of Nanjing University of Chinese Medicine，Nanjing 210008，China
2.Department of Endocrinology，Nanjing Drum Tower Hospital，the Affiliated Hospital of Nanjing University Medical School，Nanjing 210008，China
3.Health Manager Center，Nanjing Drum Tower Hospital，the Affiliated Hospital of Nanjing University Medical School，Nanjing 210008，China
**Corresponding author：GU Tianwei，Associate chief physician；E-mail：gtw0235@163.com*

【Abstract】 **Background** Obesity is an important risk factor for the development of fatty liver. The current diagnostic indexes of obesity cannot effectively reflect the role of adipose tissue distribution in the development of fatty liver. **Objective**

基金项目：南京市卫生科技发展专项资金项目重点项目（ZKX22027）
引用本文：徐浩，方达，周卫红，等. 中国内脏脂肪指数与脂肪肝发生风险的回顾性队列研究［J］. 中国全科医学，2025. DOI：10.12114/j.issn.1007-9572.2024.0408.［Epub ahead of print］［www.chinagp.net］
XU H，FANG D，ZHOU W H，et al. A retrospective cohort study of the Chinese visceral adiposity index and risk of fatty liver［J］. Chinese General Practice，2025.［Epub ahead of print］

To assess the correlation of the baseline visceral adiposity index (VAI) and the Chinese visceral adiposity index (CVAI) with the risk of fatty liver. **Methods** This was a retrospective cohort study involving 17 086 adults receiving physical examination at the Health Management Center of Nanjing Drum Tower Hospital, the Affiliated Hospital of Nanjing University Medical School, from February 2018 to November 2021. Physical examination records were reviewed by the electronic information system of the Health Management Center, and baseline characteristics, physical examination findings, laboratory testing and equipment inspection data were collected. Fatty liver was determined by follow-up abdominal ultrasound and computed tomography (CT). Follow-up was ended in December 2022, and follow-up events were recorded as the interval from non-occurrence of fatty liver at baseline to the first onset of fatty liver or at the end of the follow-up. Subjects were divided into fatty liver group and non-fatty liver group. Baseline VAI and CVAI were compared between groups. They were further divided into four groups based on the quartiles of baseline VAI and CVAI, and the incidence of fatty liver was compared. The correlation of VAI and CVAI with fatty liver was identified by Cox regression. The potential of VAI and CVAI in predicting fatty liver was assessed by the receiver operating characteristic (ROC) curves. Differences in the area under the curve (AUC) between VAI and CVAI were compared by the Delong's test. **Results** The mean age, BMI and follow-up period of the subjects were (44.3 ± 13.2) years old, (23.2 ± 2.6) kg/m^2, and (2.7 ± 1.1) years, respectively. By the end of follow-up, fatty liver was detected in 2 523 (14.8%) subjects. The incidence of fatty liver was significantly higher in men than women [19.4% (1 837/9 461) vs. 9.0% (686/7 625), *P*<0.001]. The VAI and CVAI of the fatty liver group were significantly higher than those of the non-fatty liver group (*P*<0.05). Trend testing showed that the incidence of fatty liver significantly increased with the increasing baseline VAI (χ^2_{trend}=1 034.9) and CVAI (χ^2_{trend}=1 334.8) (both *P*<0.001). Multivariate Cox regression showed that the risk of fatty liver in the VAI-Q4 group and CVAI-Q4 group was 2.579 times (95%*CI*=2.088-3.186) and 3.375 times (95%*CI*=2.488-4.576) that of the VAI-Q1 group, respectively. The ROC curve showed that the AUC of CVAI in predicting fatty liver was greater than that of VAI (0.737 vs. 0.708, *P*<0.001). Stratified analysis showed that CVAI was significantly correlated with the occurrence of fatty liver in gender, age and BMI subgroups (*P*<0.001). **Conclusion** Baseline CVAI is significantly correlated with fatty liver development, and superior to VAI in predicting fatty liver.

【Key words】 Fatty liver; Obesity; Chinese visceral adiposity index; Visceral adiposity index; Risk factor

脂肪肝是一组以肝脏脂质异常沉着为特点的疾病，目前已成为全球第一大慢性肝病[1]。脂肪肝不仅会增加肝硬化、肝细胞癌的发病风险，同时还会导致糖尿病、心血管疾病及慢性肾脏病的发生，给社会带来沉重的经济负担[2-3]。肥胖一直是脂肪肝发生的重要危险因素，近年来，在肥胖流行的推动下，脂肪肝的发病率在全球范围呈上升趋势[4-5]。我国的脂肪肝防治形式更为严峻，一项基于1 580万成年人的真实世界横断面研究显示，脂肪肝已经成为我国肥胖人群最常见的并发症，其患病率已高达81.8%[6]。

研究表明内脏脂肪含量与肝脏脂肪变性、炎症反应以及纤维化程度密切相关[7-9]。尽管人们广泛认识到肥胖与脂肪肝密切相关，但目前肥胖的诊断仍然仅基于BMI，因此不能反映脂肪组织分布在疾病严重程度中的作用。计算机断层扫描（CT）和核磁共振成像（MRI）等技术的发展使研究人员可以检测脂肪组织的分布状况，但是由于其耗时长、费用高、辐射大等缺点，研究人员又建立了许多可以评估脂肪分布的指标，包括内脏脂肪指数（visceral adiposity index，VAI）[10-12]。但是由于不同种族、不同性别、不同年龄之间可能存在明显的脂肪分布差异，部分研究者认为VAI并不能很好反映中国人群脂肪组织分布特点[13-14]。2016年我国学者结合东方人群脂肪分布特点，建立了中国内脏脂肪指数（Chinese visceral adipose index，CVAI）[15]。CVAI目前已被证明与心血管疾病、2型糖尿病、代谢综合征以及脂肪肝等疾病存在明显相关性[16-21]。然而，现有研究多为横断面研究，关于CVAI在预测脂肪肝发生方面的纵向研究仍然较少。因此本研究基于大规模的体检人群队列，旨在明确基线CVAI与脂肪肝发生的关系，为早期识别脂肪肝发生的高危人群提供依据。

1 对象与方法

1.1 研究对象

本研究为回顾性队列研究，纳入2018年2月—2021年11月于南京大学医学院附属鼓楼医院健康管理中心的17 086名成年体检人群作为研究对象。纳入标准：（1）年龄≥18岁；（2）接受2次或2次以上腹部超声或腹部CT，且间隔至少360 d。排除标准：（1）基线检查已发生脂肪肝的受试者；（2）基线合并病毒性肝炎、自身免疫性肝病、肝硬化等病史者；（3）基线检查提示存在急慢性肝、肾功能不全、感染性疾病、恶性肿瘤的受试者；（4）缺失空腹血糖、丙氨酸氨基转移酶、天冬氨酸氨基转移酶、三酰甘油、总胆固醇、高密度脂蛋白胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇等临床数据。

本研究已经过伦理委员会审批（审批号：2022-444-02）。

1.2 方法

1.2.1 数据收集：通过健康管理中心的电子信息系统查阅健康体检档案，收集基本信息、一般体格检查、实验室指标及器械检查结果。一般体格检查包括身高、体质量、腰围、收缩压和舒张压；器械检查包括超声及CT检查；实验室生化检测指标包括空腹血糖（fasting blood glucose，FBG）、糖化血红蛋白（Hemoglobin A1c，HbA_{1c}）、三酰甘油（triglycerides，TG）、总胆固醇（total cholesterol，TC）、低密度脂蛋白胆固醇（low density lipoprotein cholesterol，LDL-C）、高密度脂蛋白胆固醇（high density lipoprotien cholesterol，HDL-C）。计算BMI、VAI和CVAI，计算公式如下：（1）BMI=体质量（kg）/身高^2（m^2）；（2）VAI（男）=腰围（cm）/（39.68+1.88×BMI）×TG（mmol/L）/1.03×1.31/HDL-C（mmol/L），VAI（女）=腰围/（36.58+1.89×BMI）×TG/0.81×1.52/HDL-C；（3）CVAI（男）=-267.93+0.68×年龄+0.03×BMI+4.00×腰围+22.00×lgTG-16.32×HDL-C，CVAI（女）=-187.32+1.71×年龄+4.23×BMI+1.12×腰围+39.76×lgTG-11.66×HDL-C[10，15]。

1.2.2 分组及随访：根据随访的腹部超声和CT结果，判断是否发生脂肪肝。本研究超声检查由本院经验丰富（5年以上）的超声科医师检查，且超声报告描述符合指南推荐的特征即被判定为脂肪肝（如果超声结果与近期3个月内影响报告不一致，即申请超声科医师复核）。本研究的随访时间截至2022年12月。随访事件为基线无脂肪肝至首次发生脂肪肝或末次随访时间。

1.3 统计学方法

采用SPSS 26.0和R 4.2.3软件进行统计学分析，符合正态分布的连续变量采用（$\bar{x}\pm s$）表示，两组间比较采用t检验；不符合正态分布的连续变量采用M（P_{25}，P_{75}）表示，两组间比较采用Mann-Whitney U检验。计数资料采用例数（%）表示，组间比较采用χ^2检验。分组变量与脂肪肝发生是否存在线性趋势采用Mantel-Haenszel χ^2检验。以Cox比例风险模型评价VAI、CVAI与脂肪肝发生的关系。生存分析采用Kaplan-Meier绘制生存曲线，采用Log-rank检验比较差异性水平。采用受试者工作特征（ROC）曲线评估VAI、CVAI对脂肪肝发生的预测价值，采用Delong's检验比较VAI、CVAI的AUC差异。以P<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 纳入受试者的一般资料

17 086例受试者中男9 461例（55.4%）、女7 625例（44.6%），基线年龄18~75岁，平均年龄（44.3±13.2）岁；基线BMI 18.0~36.8 kg/m^2，平均BMI（23.2±2.6）kg/m^2；随访时间为1.0~4.7年，平均随访时间（2.7±1.1）年。截至随访结束，2 523例（14.8%）受试者发生脂肪肝。

2.2 临床资料比较

与未发生脂肪肝组相比，发生脂肪肝组受试者基线年龄更大，BMI、腰围、收缩压、舒张压更高，ALT、AST、FBG、HbA_{1c}、TG、TC和LDL-C更高，HDL-C更低，差异均有统计学意义（P<0.001）。此外，发生脂肪肝组VAI和CVAI均高于未发生脂肪肝组，差异有统计学意义（P<0.001，表1）。

表1 未发生脂肪肝组和发生脂肪肝组基线临床资料比较

Table 1 Comparison of baseline clinical data between the fatty liver group and non-fatty liver group

项目	未发生脂肪肝组（n=14 563）	发生脂肪肝组（n=2 523）	t（χ^2）值	P值
性别（男/女）	7 624/6 939	1 837/686	364.226[a]	<0.001
年龄（岁）	43.9±13.2	46.6±13.4	-9.384	<0.001
BMI（kg/m^2）	22.9±2.5	25.0±2.6	-37.979	<0.001
WC（cm）	78.30±8.82	85.50±8.01	-41.081	<0.001
SBP（mmHg）	124±17	129±17	-14.368	<0.001
DBP（mmHg）	76±11	80±14	-14.717	<0.001
FBG（mmol/L）	4.94±0.88	5.15±1.02	-10.049	<0.001
HbA_{1c}（%）	5.56±0.62	5.70±0.71	-6.064	<0.001
ALT（U/L）	19.53±17.40	23.84±14.37	-13.476	<0.001
AST（U/L）	19.92±10.62	20.63±6.79	-3.243	<0.001
TG（mmol/L）	1.02±0.64	1.44±0.87	-23.101	<0.001
TC（mmol/L）	4.61±0.87	4.71±0.91	-4.986	<0.001
HDL-C（mmol/L）	1.46±0.37	1.24±0.30	32.485	<0.001
LDL-C（mmol/L）	2.68±0.73	2.84±0.75	-10.105	<0.001
VAI	1.17±1.15	1.81±1.51	-20.554	<0.001
CVAI	57.30±40.91	92.12±35.04	-44.892	<0.001

注：SBP=收缩压，DBP=舒张压，FBG=空腹血糖，HbA_{1c}=糖化血红蛋白，ALT=丙氨酸转氨酶，AST=天冬氨酸转氨酶，TG=三酰甘油，TC=总胆固醇，HDL-C=高密度脂蛋白胆固醇，LDL-C=低密度脂蛋白胆固醇，VAI=内脏脂肪指数，CVAI=中国内脏脂肪指数；1 mmHg=0.133 kPa；[a]为χ^2值。

2.3 VAI、CVAI与脂肪肝发生之间的关系

根据VAI四分位数将人群分为4组，分别定义为Q1组（VAI≤0.64，n=4 317）、Q2组（0.64<VAI≤0.96，n=4 243）、Q3组（0.96<VAI≤1.51，n=4 258）和Q4组（VAI≥1.51，n=4 268），脂肪肝的发生率分别为4.8%（208/4 317）、9.2%（390/4 243）、16.9%（719/4 258）、28.3%（1 206/4 268）；并根据CVAI的四分位数将人群分为4组，分别定义为Q1组（CVAI≤30.70，n=4 271）、Q2组（30.70<CVAI≤63.89，n=4 270）、Q3组（63.89<CVAI≤92.95，n=4 274）和Q4组（CVAI≥92.95，n=4 271），脂肪肝的发生率分别为

2.6%（112/4 271）、9.3%（398/4 270）、17.7%（758/4 274）、29.4%（1 255/4 271）。趋势性检验分析结果显示，随着基线 VAI、CVAI 水平的增加，脂肪肝发生率也增加（$\chi^2_{趋势}$=1 034.9、1 334.8，P<0.001）。

以是否发生脂肪肝为因变量（赋值：是 =1，否 =0），单因素 Cox 回归分析结果显示，VAI-Q4 组和 CAI-Q4 组发生脂肪肝的风险分别是 VAI-Q1 组的 5.734 倍（95%*CI*=4.949~6.643）和 CVAI-Q1 组的 11.241 倍（95%*CI*=9.263~13.642）。多因素 Cox 回归分析中进一步校正了性别、年龄、BMI、腰围、收缩压、ALT、AST、TG、TC、HDL-C 和 LDL-C 后，VAI、CVAI 仍与脂肪肝发生风险独立相关，VAI-Q4 组和 CVAI-Q4 组发生脂肪肝的风险分别是 VAI-Q1 组的 2.579 倍（95%*CI*=2.088~3.186）和 CVAI-Q1 组的 3.375 倍（95%*CI*=2.488~4.576），见表 2。

2.4 VAI 和 CVAI 对脂肪肝发生的预测价值比较

通过 ROC 曲线评估 VAI、CVAI 对脂肪肝发生的预测价值，结果显示，VAI 和 CVAI 的曲线下面积（AUC）分别为 0.708（95%*CI*=0.697~0.718）和 0.737（95%*CI*=0.728~0.747），Delong's 检验结果显示，VAI 和 CVAI 的 AUC 比较，差异有统计学意义（Z=5.51，P<0.001）；VAI 预测脂肪肝发生的切点为 1.103，灵敏度和特异度分别为 69.4% 和 63.1%，约登指数为 0.325；CVAI 预测脂肪肝发生的切点为 66.71，灵敏度和特异度分别为 78.1% 和 57.9%，约登指数为 0.360，见图 1。

Kaplan-Meier 生存曲线分析显示，CVAI 等级越高，脂肪肝发生风险越大（χ^2=1 153.06，P<0.001），见图 2。

2.5 其他协变量的分层分析

进一步根据性别、年龄、BMI 进行亚组分析，在校正了性别（除性别分层外）、年龄、BMI、收缩压、ALT、AST、TG、TC、HDL-C 和 LDL-C 后，CVAI 在不同性别、年龄及 BMI 分组中 CVAI-Q4 组均与脂肪肝相关，其中女性在 CVAI-Q2 和 Q3 组与脂肪肝无明显相

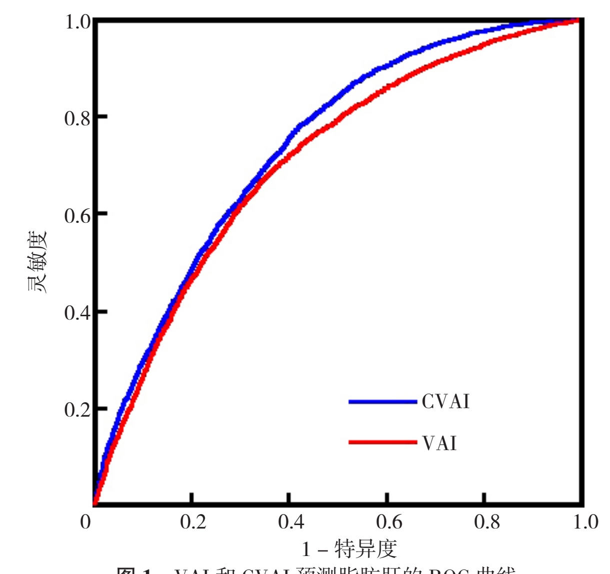


图 1 VAI 和 CVAI 预测脂肪肝的 ROC 曲线
Figure 1 ROC curves of VAI and CVAI in predicting fatty liver

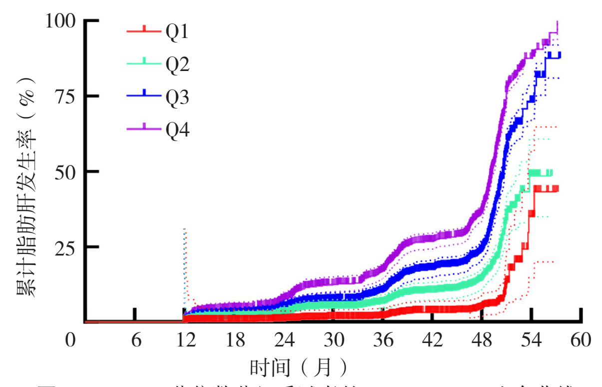


图 2 CVAI 四分位数分组受试者的 Kaplan-Meier 生存曲线
Figure 2 Kaplan-Meier survival curves for subjects divided by the quartiles of CVAI

表 2 VAI、CVAI 与脂肪肝发生风险的 Cox 回归分析
Table 2 Cox regression analysis of the correlation of VAI and CVAI with fatty liver development

变量	模型 1		模型 2		模型 3	
	HR（95%*CI*）	*P* 值	*HR*（95%*CI*）	*P* 值	*HR*（95%*CI*）	*P* 值
VAI 四分位数						
Q1	1.000		1.000		1.000	
Q2	1.829（1.545~2.164）	<0.001	1.499（1.266~1.776）	<0.001	1.409（1.180~1.681）	<0.001
Q3	3.380（2.897~3.944）	<0.001	2.312（1.975~2.706）	<0.001	2.051（1.715~2.454）	<0.001
Q4	5.734（4.949~6.643）	<0.001	3.204（2.744~3.742）	<0.001	2.579（2.088~3.186）	<0.001
CVAI 四分位数						
Q1	1.000		1.000		1.000	
Q2	3.548（2.877~4.376）	<0.001	3.167（2.533~3.961）	<0.001	2.431（1.939~3.048）	<0.001
Q3	6.689（5.484~8.158）	<0.001	5.3（4.163~6.747）	<0.001	3.335（2.599~4.278）	<0.001
Q4	11.241（9.263~13.642）	<0.001	6.897（5.169~9.202）	<0.001	3.375（2.488~4.576）	<0.001

注：模型 1 未校正任何因素；模型 2 校正性别（赋值：男 =1，女 =2）、年龄、BMI、腰围、收缩压；模型 3 在模型 2 基础上校正 ALT、AST、TG、TC、HDL-C 和 LDL-C。

关（表 3）。

3 讨论

本研究通过单中心回顾性体检人群队列，分析了基线人群 VAI、CVAI 指标与脂肪肝发生之间的相关性，并通过 ROC 曲线评估其对脂肪肝发生的预测价值。结果显示基线人群的 VAI 及 CVAI 均与脂肪肝发生呈显著相关，且 CVAI 对脂肪肝发生的预测能力优于 VAI，提示 CVAI 对中国人群脂肪肝的发生具有较好的预测价值。

目前脂肪肝患病率在全球范围内持续上升，最新的流行病学数据显示全球脂肪肝患病率约为 30%[1]。脂肪肝早期通常无明显症状，许多患者是在体检中被偶然发现。近期一项回顾性研究分析了 2017—2022 年全国 30 个省份的健康检查数据，结果显示在 5 757 335 名接受肝脏瞬时弹性成像检查的成年人中，脂肪肝的患病率为 44.39%，其中男性、肥胖者、糖尿病患者、高血压患者、血脂异常者、代谢综合征患者及血清 ALT 或 AST 升高者均是脂肪肝发生的高危人群[22]。本研究通过对体检人群的回顾性队列分析发现，经过平均 2.7 年随访，近 15% 的非脂肪肝人群进展为脂肪肝，而与未发生脂肪肝组的受试者相比，发生脂肪肝组的受试者基线年龄更大，BMI、收缩压、ALT、AST、TG、TC 和 LDL-C 更高，HDL-C 更低。此外，随着人们生活方式的改变，如过量摄入糖分和脂肪的饮食习惯以及久坐不动的工作模式均能显著提高脂肪肝的发生风险[5]。因此，提高对脂肪肝早期筛查以及提早干预显得尤为重要，以减少其对个体和社会的负担。

肥胖是脂肪肝发生的独立危险因素，肥胖人群中脂肪肝患病率要高于普通人群[23-24]。近日，欧洲肥胖研究协会（European Association for the Study of Obesity，EASO）提出了新的成人肥胖诊断、分期与管理框架，该框架指出，腹部脂肪过多堆积是多种肥胖相关并发症的重要危险因素，为更有效地管理肥胖相关并发症，EASO 建议引入更多能够反映内脏脂肪分布的参数[25]。传统常用于评估肥胖的指标有腰围和 BMI，但均无法准确反映体脂含量和分布状况[26-27]。CT 和 MRI 是内脏脂肪检测的金标准，但由于其价格高、耗时久并且辐射，无法在临床常规开展[28]。为寻找能更简便评估内脏脂肪分布的方法，2010 年研究者基于腰围、BMI、TG 和 HDL-C 等临床常规检测指标建立 VAI 指数以评估内脏脂肪分布，并通过影像学金标准验证其准确性[10]。考虑到人种、年龄、性别等因素均可能会影响内脏脂肪的分布，中国研究人员于 2016 年提出基于人群的 VAI 校正指数——CVAI，并证实 CVAI 对中国人群内脏脂肪分布要优于腰围、BMI 和 VAI[15]。既往研究表明 CVAI 与多种代谢性疾病相关，包括肥胖、2 型糖尿病及脂肪肝等[16-21]。其中与脂肪肝的相关性研究目前多限于横断面分析，纵向队列的观察性研究仍较少。因此，本研究在体检人群队列中分别评估 VAI 及 CVAI 与脂肪肝发生的关系。结果提示两个指数均可有效预测脂肪肝的发生，且 ROC 曲线结果提示 CVAI 指数相比于 VAI 预测能力更优。多因素 Cox 回归分析结果显示 CVAI-Q4、Q3、Q2 组发生脂肪肝的风险是 CVAI-Q1 组的 3.375 倍（95%*CI*=2.488~4.576）、3.335 倍（95%*CI*=2.599~4.278）和 2.431 倍（95%*CI*=1.939~3.048），生存分析显示随着随访时间延长，CVAI-Q4 组脂肪肝发生率比 CVAI-Q1 组高 8~10 倍，结果提示在中国人群中内脏脂肪的异常堆积即反映为 CVAI 指数的升高与脂肪肝的发生风险密切相关。并且 CVAI 对脂肪肝预测能力的 AUC 高于 VAI，因此，CVAI 在中国人群的脂肪肝早期筛查中具有重要应用潜力，适合用于大规模人群或体检人群的脂肪肝发生风险评估。

分层分析显示，在不同年龄及 BMI 分组中 CVAI 高分位组均与脂肪肝相关。然而，性别分层分析显示，在女性中，仅 CVAI-Q4 组与脂肪肝的相关性显著，而 CVAI-Q2 组和 CVAI-Q3 组与脂肪肝的关系并不显著。提示男性对 CVAI 水平的变化可能更为敏感，而女性可能需要更高的 CVAI 水平才能显著增加脂肪肝发生风险。

表 3 CVAI 与脂肪肝相关性的分层分析［*HR*（95%*CI*）］

Table 3 A hierarchical analysis of the correlation between CVAI and fatty liver

分层	CVAI-Q1	CVAI-Q2	*P* 值	CVAI-Q3	*P* 值	CVAI-Q4	*P* 值
性别							
男	1.00	1.98（1.22~3.21）	0.006	2.53（1.57~4.07）	<0.001	4.12（2.57~6.58）	<0.001
女	1.00	1.34（0.88~2.06）	0.174	1.54（0.78~3.07）	0.215	2.54（1.20~5.38）	0.015
年龄							
18~<40 岁	1.00	1.81（1.26~2.60）	0.001	1.85（1.14~3.00）	0.012	2.45（1.35~4.46）	0.003
≥ 40 岁	1.00	2.03（1.07~3.84）	0.029	3.37（1.79~6.31）	<0.001	8.63（4.73~15.77）	<0.001
BMI							
正常（18~24 kg/m^2）	1.00	1.92（1.40~2.64）	<0.001	2.20（1.48~3.27）	<0.001	2.73（1.43~5.21）	0.002
超重（>24 kg/m^2）	1.00	1.42（0.69~2.95）	0.343	2.05（1.02~4.12）	0.045	3.63（1.85~7.14）	<0.001

研究表明，男性中脂肪肝的发生率显著高于女性，本研究结果与其一致[29]。这种性别差异可能与脂肪分布的性别特异性有关：男性更倾向于积累内脏脂肪组织，而女性在绝经前主要积累皮下脂肪，绝经后，女性的脂肪分布会发生变化，转向内脏脂肪，这一转变可能增加了绝经后女性的代谢疾病风险[30]。因此，针对男性群体，实施内脏脂肪控制的干预措施显得尤为重要，以降低脂肪肝及相关代谢疾病的风险。与此同时，对于女性，尤其是绝经后的女性群体，可能需要更高的 CVAI 阈值来有效识别脂肪肝风险。然而，本研究的绝经后女性样本量不足，可能限制了对这一群体的深入分析。未来研究应增加绝经后女性的样本量，以全面评估 CVAI 在这一群体中的预测效能。此外，应进一步探讨性别差异对 CVAI 预测能力的影响，并评估针对不同性别群体的脂肪肝风险管理策略。

本研究也存在一定的局限性。首先，本研究的研究人群多为健康体质量人群，纳入肥胖人群的比例较少；其次，本研究考虑了一些常见的混杂因素例如年龄、血压、BMI 等，但是一些其他类型的混杂因素例如饮食习惯、运动、心理因素、环境因素等未被纳入分析，存在其他混杂因素影响最终结果的可能；最后，研究中使用的 CVAI 只在基线时计算，在随访期间可能会发生变化，仍然需要对 CVAI 的动态变化与脂肪肝发生风险的关系进行研究。

综上所述，基线 CVAI 与脂肪肝发生显著相关，且 CVAI 对脂肪肝发生的预测能力优于 VAI。表明 CVAI 对中国人群脂肪肝的发生具有较好的预测价值，可适用于大规模中国人群的脂肪肝风险评估。

作者贡献：徐浩负责临床数据收集、整理、分析，并撰写论文初稿；方达负责绘制图表并协助统计分析；周卫红负责体检人群的检测；毕艳完善论文的审校；顾天伟提出研究思路，设计研究方案，完善论文最终内容及审校，并对论文负责。

本文无利益冲突

徐浩 https://orcid.org/0009-0004-0023-2386

参考文献

[1] YOUNOSSI Z M，GOLABI P，PAIK J M，et al. The global epidemiology of nonalcoholic fatty liver disease（NAFLD）and nonalcoholic steatohepatitis（NASH）：a systematic review［J］. Hepatology，2023，77（4）：1335–1347. DOI：10.1097/HEP.0000000000000004.

[2] PERUMPAIL B J，KHAN M A，YOO E R，et al. Clinical epidemiology and disease burden of nonalcoholic fatty liver disease［J］. World J Gastroenterol，2017，23（47）：8263–8276. DOI：10.3748/wjg.v23.i47.8263.

[3] SCORLETTI E，CARR R M. A new perspective on NAFLD：focusing on lipid droplets［J］. J Hepatol，2022，76（4）：934–945. DOI：10.1016/j.jhep.2021.11.009.

[4] POLYZOS S A，KOUNTOURAS J，MANTZOROS C S. Obesity and nonalcoholic fatty liver disease：from pathophysiology to therapeutics［J］. Metabolism，2019，92：82–97. DOI：10.1016/j.metabol.2018.11.014.

[5] YOUNOSSI Z，ANSTEE Q M，MARIETTI M，et al. Global burden of NAFLD and NASH：trends，predictions，risk factors and prevention［J］. Nat Rev Gastroenterol Hepatol，2018，15（1）：11–20. DOI：10.1038/nrgastro.2017.109.

[6] CHEN K，SHEN Z W，GU W J，et al. Prevalence of obesity and associated complications in China：a cross-sectional，real-world study in 15.8 million adults［J］. Diabetes Obes Metab，2023，25（11）：3390–3399. DOI：10.1111/dom.15238.

[7] LEE S W，SON J Y，KIM J M，et al. Body fat distribution is more predictive of all-cause mortality than overall adiposity［J］. Diabetes Obes Metab，2018，20（1）：141–147. DOI：10.1111/dom.13050.

[8] GAROFALO C，BORRELLI S，MINUTOLO R，et al. A systematic review and meta-analysis suggests obesity predicts onset of chronic kidney disease in the general population［J］. Kidney Int，2017，91（5）：1224–1235. DOI：10.1016/j.kint.2016.12.013.

[9] MAN R E，SABANAYAGAM C，CHIANG P P，et al. Differential association of generalized and abdominal obesity with diabetic retinopathy in Asian patients with type 2 diabetes［J］. JAMA Ophthalmol，2016，134（3）：251–257. DOI：10.1001/jamaophthalmol.2015.5103.

[10] AMATO M C，GIORDANO C，GALIA M，et al. Visceral adiposity index ［J］. Diabetes Care，2010，33（4）：920–922.DOI：10.2337/dc09-1825.

[11] 聂倩，孟翠巧，刘焕欣，等. 不同肥胖指标及内脏脂肪指数对非酒精性脂肪肝预测价值的比较［J］. 中国老年学杂志，2024，44（6）：1321–1325.

[12] 王洪岩，刘宇鹏，付红梅，等. 内脏脂肪指数和脂质蓄积指数对非超重 / 肥胖者代谢相关脂肪性肝病的预测价值［J］. 中华健康管理学杂志，2023，17（11）：848–853. DOI：10.3760/cma.j.cn115624-20230615-00375.

[13] ELISHA B，MESSIER V，KARELIS A，et al. The Visceral Adiposity Index：Relationship with cardiometabolic risk factors in obese and overweight postmenopausal women—a MONET group study［J］. Appl Physiol Nutr Metab，2013，38（8）：892–899. DOI：10.1139/apnm-2012-0307.

[14] KAISINGER L R，KENTISTOU K A，STANKOVIC S，et al. Large-scale exome sequence analysis identifies sex- and age-specific determinants of obesity［J］. Cell Genom，2023，3（8）：100362. DOI：10.1016/j.xgen.2023.100362.

[15] XIA M F，CHEN Y，LIN H D，et al. A indicator of visceral adipose dysfunction to evaluate metabolic health in adult Chinese［J］. Sci Rep，2016，6：38214. DOI：10.1038/srep38214.

[16] CHEN X Y，SHI F X，XIAO J，et al. Associations between abdominal obesity indices and nonalcoholic fatty liver disease：Chinese visceral adiposity index［J］. Front Endocrinol，2022，13：831960. DOI：10.3389/fendo.2022.831960.

[17] LI R F, LIU J, HAN P, et al. Associations between abdominal obesity indices and pathological features of non-alcoholic fatty liver disease: Chinese visceral adiposity index [J]. J Gastroenterol Hepatol, 2023, 38(8): 1316-1324. DOI: 10.1111/jgh.16196.
[18] LIU Z Y, HUANG Q, DENG B, et al. Elevated Chinese visceral adiposity index increases the risk of stroke in Chinese patients with metabolic syndrome [J]. Front Endocrinol, 2023, 14: 1218905. DOI: 10.3389/fendo.2023.1218905.
[19] REN Y C, CHENG L L, QIE R R, et al. Dose-response association of Chinese visceral adiposity index with comorbidity of hypertension and diabetes mellitus among elderly people [J]. Front Endocrinol, 2023, 14: 1187381. DOI: 10.3389/fendo.2023.1187381.
[20] REN Y C, HU Q, LI Z, et al. Dose-response association between Chinese visceral adiposity index and cardiovascular disease: a national prospective cohort study [J]. Front Endocrinol, 2024, 15: 1284144. DOI: 10.3389/fendo.2024.1284144.
[21] ZHANG Z L, ZHAO L, LU Y T, et al. Association between Chinese visceral adiposity index and risk of stroke incidence in middle-aged and elderly Chinese population: evidence from a large national cohort study [J]. J Transl Med, 2023, 21(1): 518. DOI: 10.1186/s12967-023-04309-x.
[22] MAN S, DENG Y H, MA Y, et al. Prevalence of liver steatosis and fibrosis in the general population and various high-risk populations: a nationwide study with 5.7 million adults in China [J]. Gastroenterology, 2023, 165(4): 1025-1040. DOI: 10.1053/j.gastro.2023.05.053.
[23] BEDOGNI G, MIGLIOLI L, MASUTTI F, et al. Prevalence of and risk factors for nonalcoholic fatty liver disease: the dionysos nutrition and liver study [J]. Hepatology, 2005, 42(1): 44-52. DOI: 10.1002/hep.20734.
[24] SZCZEPANIAK L S, NURENBERG P, LEONARD D, et al. Magnetic resonance spectroscopy to measure hepatic triglyceride content: prevalence of hepatic steatosis in the general population [J]. Am J Physiol Endocrinol Metab, 2005, 288(2): E462-E468. DOI: 10.1152/ajpendo.00064.2004.
[25] BUSETTO L, DICKER D, FRÜHBECK G, et al. A new framework for the diagnosis, staging and management of obesity in adults [J]. Nat Med, 2024, 30(9): 2395-2399. DOI: 10.1038/s41591-024-03095-3.
[26] LAM B C, KOH G C, CHEN C, et al. Comparison of Body Mass Index (BMI), Body Adiposity Index (BAI), Waist Circumference (WC), Waist-To-Hip Ratio (WHR) and Waist-To-Height Ratio (WHtR) as predictors of cardiovascular disease risk factors in an adult population in Singapore [J]. PLoS One, 2015, 10(4): e0122985. DOI: 10.1371/journal.pone.0122985.
[27] PICHÉ M E, TCHERNOF A, DESPRÉS J P. Obesity phenotypes, diabetes, and cardiovascular diseases [J]. Circ Res, 2020, 126(11): 1477-1500. DOI: 10.1161/CIRCRESAHA.120.316101.
[28] GARVEY W T, MECHANICK J I, BRETT E M, et al. American association of clinical endocrinologists and American college of endocrinology comprehensive clinical practice guidelines for medical care of patients with obesity [J]. Endocr Pract, 2016, 22(Suppl 3): 1-203. DOI: 10.4158/EP161365.GL.
[29] 王丽娜，高鹏飞，曹帆，等. 不同性别人群非酒精性脂肪性肝病患病现况及影响因素分析[J]. 中国全科医学，2023，26(33)：4143-4151.
[30] PALMER B F, CLEGG D J. The sexual dimorphism of obesity [J]. Mol Cell Endocrinol, 2015, 402: 113-119. DOI: 10.1016/j.mce.2014.11.029.

（收稿日期：2024-08-03；修回日期：2024-11-10）
（本文编辑：贾萌萌）